



Aufgabenstellung

1. Messen Sie vier Isothermen eines realen Gases (Schwefelhexafluorid SF_6).
2. Bestimmen Sie das Koexistenzgebiet von gasförmiger und flüssiger Phase und den kritischen Punkt.
3. Bestimmen Sie aus den Messdaten die Stoffmenge und die van-der-Waals-Koeffizienten. Berechnen Sie das molare Volumen für den kritischen Punkt.
4. (*Für Physikstud.*) Bestimmen Sie aus der Dampfdruckkurve $p_S(T)$ die molare Verdampfungswärme und zu jedem Messpunkt mit $T < T_c$ die Verdampfungswärme Q .

Hinweise zur Versuchsdurchführung

Der Versuch wird mit einer Apparatur zum kritischen Punkt durchgeführt. Mittels einer Spindelmechanik und eines Kolbens wird ein durch eine Gummidichtung abgetrenntes Volumen Schwefelhexafluorid (SF_6) innerhalb eines transparenten Zylinders komprimiert. Als Druck übertragendes Medium kommt Rizinusöl zum Einsatz. Die gesamte Anordnung wird durch einen Umwälzthermostaten thermisch stabilisiert.

Der PC am Versuchplatz dient zur teilweise automatisierten Messwertaufnahme. Es werden der Spindelweg bzw. das Volumen, sowie die Temperatur der Apparatur und der Öldruck gemessen und ein p - V -Diagramm erstellt.

Achtung! Der Maximaldruck von 5 MPa (50 bar) darf auf keinen Fall überschritten werden. Die Temperatur darf 60 °C nicht übersteigen. Nach Beendigung des Versuches ist ein Druck von etwa 1 MPa (10 bar) einzustellen. Vermeiden Sie längere Standzeiten bei hohem Druck!

Die Isothermen sollen bei 30 °C, 38 °C, 45,5 °C und 55 °C aufgenommen werden. Warten Sie nach dem Verstellen des Thermostaten immer ca. 10 min bis zum Erreichen einer Sättigungstemperatur, sie weicht meist etwas von der Vorgabe ab. Die kritische Temperatur soll so genau wie möglich eingestellt werden. Die anderen Temperaturen sind Richtwerte. Geringe Temperaturschwankungen im Bereich weniger Zehntel Kelvin während einer Messreihe sind tolerierbar.

Stellen Sie den Kolben auf genau 42 mm ein (Skala am Gerät), bevor Sie eine Messung starten, damit das Volumen richtig berechnet wird.

Starten Sie jetzt das Programm über die Verknüpfung "RG" auf dem Desktop. Warten Sie, bis das Messgerät erkannt und das Programm initialisiert wurde. Blättern Sie auf Seite 2 der Oberfläche und starten Sie die Messung. Jetzt werden die aktuellen Messwerte angezeigt.

Beginnen Sie mit der Messung etwa bei $V = 8$ ml und verringern Sie das Volumen anfangs in Schritten von 1,0 ml. Zu Beginn und Ende des Koexistenzgebietes sollte die Schrittweite auf 0,25 ml verringert werden, um den kritischen Punkt herum auf 0,1 ml. Messen Sie die Isothermen bis ca. $p = 45$ bar.

Die Übernahme des Messwertes erfolgt durch den Befehl "Behalten", der Abschluss einer Messreihe durch "Stoppen". Vor jedem Messpunkt muss anfangs ca. 30 . . . 60 s, später bis zu 2 min gewartet werden, bis sich das thermische Gleichgewicht eingestellt hat (stabiler Druck).

Notieren Sie zu jeder Isotherme die ersten Wertepaare für $V \geq 4$ ml in einer Tabelle. Nach Abschluss der Messreihen kann das Diagramm ausgedruckt werden (“Drucken” → Seite 2, “Allgemein” → Querformat).

Auswertung

1. Beschreiben Sie Ihre Beobachtungen der Messzelle beim Durchfahren des Koexistenzgebietes.
2. In dem ausgedruckten p - V -Diagramm sind das Koexistenzgebiet von gasförmiger und flüssiger Phase zu markieren und der kritische Punkt einzuzeichnen. Geben Sie die kritischen Größen T_c , p_c und V_c an.
3. Tragen Sie in einem zweiten Diagramm für alle Messreihen $p \cdot V$ über $1/V$ auf und extrapolieren Sie linear bis nach $1/V = 0$. Ermitteln Sie die Stoffmenge n entsprechend Gleichung (1) aus den Schnittpunkten der Extrapolationsgeraden mit der Ordinate.

$$\lim_{V \rightarrow \infty} (p \cdot V) = n \cdot R \cdot T \quad (1)$$

Berechnen Sie nach Gleichung (2) die van-der-Waals-Koeffizienten a und b .

$$a = 3p_k \cdot \left(\frac{V_k}{n}\right)^2 \quad \text{und} \quad b = \frac{V_k}{3n} \quad (2)$$

Zusätzlich für Physikstudenten:

4. Zeichnen Sie die Dampfdruckkurve laut Gleichung (3). Tragen Sie dabei $\ln p$ über $1/T$ auf und bestimmen Sie aus dem Anstieg der Geraden die molare Verdampfungsenthalpie.

$$p_S(T) = p_0 \cdot e^{-\frac{L}{RT}} \quad (3)$$

Bestimmen Sie zu jeder Isotherme mit $T < T_c$ die Verdampfungswärme nach Gleichung (4). Die Volumina V_g und V_f sind dem p - V -Diagramm zu entnehmen. Stellen Sie die ermittelten Größen T , p_S , dp/dT , $V_g - V_f$ sowie Q übersichtlich in einer Tabelle zusammen.

$$Q = T \cdot \frac{dp_S}{dT} (V_g - V_f) \quad (4)$$

Diskutieren Sie alle Ergebnisse und vergleichen Sie ggf. mit Literaturwerten.